

Gradering av planttäthet i höstvete

- Fotografering av grödan

Scoring of plant density in winter wheat

- Photographing the crop

Samira El Hamoul



Gradering av planttäthet i höstvete - Fotografering av grödan

Scoring of plant density in winter wheat

- Photographing the crop

Samira El Hamoul

Handledare: Torsten Hörndahl, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Bitr. handledare: Karl Langvad, Lantmännen Lantbruk

Examinator: Helene Larsson Jönsson, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Examensarbete inom växtbiologi

Kurskod: EX0740

Program/utbildning: Lantmästare - kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2017

Omslagsbild: Samira El Hamoul

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Drönare, höstvete, planttäthet, Excess green Index, ExG, försöksmaterial, manuell gradering



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för biosystem och teknologi

FÖRORD

Lantmästare - kandidatprogrammet är en treårig universitetsutbildning vilken omfattar 180 högskolepoäng (hp). Inom programmet är det möjligt att ta ut två examina en lantmästarexamen 120 hp och en kandidatexamen 180 hp. En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och en muntlig redovisning. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Detta arbete är utfört under programmets tredje år och arbetsinsatsen motsvarar minst 10 veckors heltidsstudier (15 hp).

Idén till studien kom från Karl Langvad som även varit bitr. handledare för arbetet.

Jag har själv varit intresserad av alternativa metoder för gradering av försöksmaterial och ville därför undersöka detta närmare.

Studien har genomförts på uppdrag av Lantmännen Lantbruk som en del av projektet Public Private Partnership - Plant Phenotyping Project (6p).

Ett varmt tack riktas till Karl Langvad, Rasmus Ringström, Tina Henriksson, Lantmännen Lantbruk, Torsten Hörndahl, Kristina Ascard och alla som bidragit med material och tid, kunskap och råd, synpunkter och granskning.

Helene Larsson Jönsson, forskare vid Institutionen för biosystem och teknologi har varit examinator.

Alnarp oktober 2017

Samira El Hamoul

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
INLEDNING	5
BAKGRUND	5
SYFTE	5
MÅL	5
FRÅGESTÄLLNINGAR	6
AVGRÄNSNING	6
LITTERATURSTUDIE	7
GRADERING I FÖRSÖKSODLING	7
DRÖNARE	7
FLYGNING OCH FOTOGRAFERING MED DRÖNARE	9
BILDTEKNIK	10
VEGETATIONSINDEX	11
TIDIGARE STUDIER	13
MATERIAL OCH METOD	16
FÖRSÖKSUPPLÄGG	16
GRADERING OCH ANALYS	17
SAMMANSTÄLLNING AV DATA	19
RESULTAT	21
DISKUSSION	24
Slutsatser	27
REFERENSER	28
Bilaga 1 Basdata för höstavläsningen	31
Bilaga 2 Basdata för våravläsningen	34
Bilaga 3 Borttagna led: Höst	37
Bilaga 4 Borttagna led: Vår	38
Bilaga 5 Indexekvationer	39

SAMMANFATTNING

Graderingar i fält sker i dagsläget nästan uteslutande manuellt. Metoden är mycket tidskrävande och beroende på graderingsutförarens erfarenhet kan även resultatet av graderingen vara av bristande kvalitet. Syftet med denna studie var att undersöka ett alternativt tillvägagångssätt, nämligen användningen av index uträknade från foto av grödan.

Tidigare studier inom området gradering av gröda genom bildanalys har haft blandade resultat. Tillvägagångssätten i tidigare utförda studier har också varierat likaså vad som valts att studeras.

I enlighet med denna studies frågeställning och avgränsning undersöktes huruvida gradering av planttäthet av höstvetete manuellt kunde korreleras till värdet för Excess green Index. Excess green Index är ett index som beskriver biomassans grönhet.

Fotograferingen utfördes enbart med en vanlig RGB-kamera det vill säga digitalkamera. Kameran var i sin tur monterad på en drönare som flögs över studiematerialet.

Resultatet som erhöles var ett R^2 -värde på 0,27 för jämförelsen för graderingen utförd på hösten, samt ett R^2 -värde på 0,07 för graderingstillfället på våren. Korrelationen var svag mellan de jämförda värdena vid båda tidpunkterna. Svaret på frågeställningen blev därvid att efter denna studies metod och resultat, att planttäthetsgradering genom fotografering och vidare utläsning av Excessgreen Index inte var möjligt.

Dock kunde skillnad mellan ledens grönhet detekteras. Användningen av detta index till avläsning av täthet av biomassa bedöms därför möjlig, vilket har bekräftats i separata tidigare studier.

SUMMARY

Scoring in crops in field today is done almost exclusively manually. A method which is very time consuming and depending on the performers' experience, the result of the scoring can be lacking in quality. The objective with this study was to explore an alternative approach. An approach which uses an index based on data from photos of the crop.

Previous studies in the field of scoring in crops through remote sensing has had mixed results. The approaches in these earlier studies have also varied, likewise the object of the study.

According with the issue and limitations of this study the possibility of a correlation between manual of scoring plant density and the index Excess green index was investigated. Excess green Index, ExG is an index which describes the greenness of biomass.

The photos of the crop were exclusively taken with an ordinary RGB-camera (digital camera). The camera was placed on a drone which was flown over the crop material.

This resulted in a value for R^2 of 0.27 in the comparison of the reading from the autumn. The R^2 for the spring reading was 0.07. The correlation between the two compared data sets was low in both readings. The answer to the issue of this study was therefore, no. With the method of this study the result indicates that plant density cannot be rightfully scored using ExG.

However, difference in greenness between the treatments was detected. The use of this index for reading density of biomass is therefore considered possible, which already has been confirmed in earlier separate studies.

INLEDNING

Bakgrund

Graderingar rörande växtmaterial i försöksodling sker i nuläget nästan uteslutande manuellt. Detta görs i fält oftast genom visuell mänsklig bedömning alternativt genom varierande mätmetoder. Exempel på en sådan mätmetod är mätning av grödans höjd med en mätsticka. Graderingsarbetet är mycket tidskrävande, då stora ytor ska gås över av den som graderar. Ett alternativt tillvägagångssätt är därför att efterfråga.

Under de senaste åren har intresset för drönare ökat både från privatpersoner och näringslivets håll. Försäljningen har ökat drastiskt och spås fortsätta (Mölne, 2015). Det ökade intresset har visat sig inte minst i försäljningen av drönare, utan även också i lantbrukstidningar med ett antal artiklar och inslag med temat drönare i lantbruket (Lantbruk och Skogsland, 2013; Asplund, 2016). Allt fler lantbrukare införskaffar drönare och flygning med drönare för överblick över fälten har blivit relativt vanligt (Lantmannen, 2015).

Det alternativ till manuell gradering som denna studie tar upp är därför den gällande fotografering av växtmaterialet med hjälp av drönarteknik. Bilderna kommer att bearbetas i ett dataprogram vilket läser av och ger värden för kulörerna i bilderna. Dessa värden ska vidare användas i den jämförelse som ska göras mellan data från bilderna och från den manuella graderingen. På så sätt kan en jämförelse göras mellan manuell gradering och fotografering, huruvida korrelation mellan dessa avläsningar finns.

Fotografering av försöksmaterial med drönare skulle möjligtvis kunna tidseffektivisera momentet gällande gradering av planttäthet. En vilja att utforska och undersöka denna tänkbara möjlighet är det som ligger till grund för detta arbete.

Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka ett alternativ till manuell planttäthetsgradering i fält.

Mål

Målet med detta arbete är att besvara frågan huruvida det är möjligt att gradera planttäthet i höstvetete genom användandet av ett vegetationsindex härrörande från fotografering.

Frågeställningar

- a) Är det skillnad i ExG-medelvärde mellan vår och höst?
- b) Är det skillnad i ExG-medelvärde mellan led? Är det en liknande skillnad mellan leden för både vår och höst?
- c) Hur ser anpassningen ut parcellvis mellan ExG och manuell gradering? Är det skillnad mellan höst och vår?
- d) Hur ser anpassningen ut ledvis för höst och vår?
- e) Är det skillnad i medelvärdet för R2 mellan höst och vår?

Avgränsning

I arbetet var fokus endast riktat på att undersöka möjligheten att använda sig av ett index skapat från bilder från en 12 megapixels RGB-kamera. Bilddata bearbetades enbart i ett bildprocesseringsprogram. Värdena från den manuella graderingen jämfördes med ett vegetationsindex. Bearbetningen av data skedde i ett kalkyldataprogram.

LITTERATURSTUDIE

Gradering i försöksodling

I dagsläget görs bedömning och gradering av planttäthet av växtmaterial nästan uteslutande genom manuell gradering i fält. Det vedertagna tillvägagångssättet går att finna i Försökshandboken (FältForsk, 2012). Det är en publikation framtagen av FältForsk, vilken innehåller standardiserade metoder för hur försöksarbete med alla dess upplägg och arbetsmoment ska utföras. Det är enligt dessa standarder som fältförsöksarbete i Sverige idag huvudsakligen utförs. För att bedöma planttäthet utförs en så kallad bestandsgradering.

”Bestandsgraderingar utförs normalt höst och vår för att ge ett mått på planttätheten eller täckningsgraden i parcellerna. Graderingarna kan ha flera syften, t.ex. att på hösten beskriva beståndet inför invintringen och/eller hur det har påverkats av olika behandlingar under skördesäsongen. Vårgraderingen syftar vanligen till att ge ett mått på planttätheten.”

(FältForsk, 2012, kap 6.1.1, sid 1)

Planttäthet graderas enligt följande, 0=inga plantor av kulturväxten, 100=fullt plantantal.

Graderingen anges i en sammantagen procent för hela parcellen (Försökshandboken, 2012, kap 6.1, sid 3). Ytterligare instruktion går att hitta i kapitlet *Gradering av bestånd och botanisk sammansättning i Vallförsök* under *Planttäthet 0–100* i Försökshandboken.

”Planttäthet 0–100

Planttäthet ska enbart graderas i försök med en insådd art och där raderna tydligt kan urskiljas i beståndet. Observera att med täthet avses beståndets jämnhet i raden och inte tätheten som sådan. Det är alltså per definition enbart förekomst av luckor i raderna som påverkar tätheten. En lucka i raden är när det synbart saknas levande plantor. Döda plantor räknas som lucka. En art med få skott som ger ett lite glesare bestånd än en art med fler skott ska ges samma graderingsvärde om luckigheten är densamma i båda arterna.”

(FältForsk, 2012, kap 6.1.1, sid 1).

Det vill säga graderingstalet i den manuella graderingen grundar sig på planttäthet och inte växtmaterialets tillväxt eller marktäckning.

Drönare

Drönare även kallat UAV, vilket är en förkortning för Unmanned Aerial Vehicle. Drönare är luftfartyg utan besättning, vilka styrs via fjärrkontroll eller av sig själva. (Transportstyrelsen, 2017).

Ett flertal företag säljer drönare avsedda för användning i näringen. Dessa företag marknadsför drönare med en bred repertoar av användningsområden. Några exempel på användningsområden är användning av drönare till uppskrämning av gäss, betesdjurskontroll,

upptäckande av stress i grödan samt översikt över fält och skog. (NC Consulting, (u.å.); Pitchup, u.å.).

Det finns två olika utformningar av drönare, fasta vingar eller multikopter. Drönare med vingar kan flyga längre sträckor och i hög hastighet och är därmed effektivare än multikoptrar. Multikoptern kan däremot stå still i luften, bära upp tyngre last och både starta och landa stillastående. De två utformningarna har båda sina för- och nackdelar vilka får vägas in när beslut ska tas kring vilken som ska användas (Skogsforum, 2015).

Flygning med drönare utan tillstånd får ske på max 120 meters höjd och 500 meters avstånd. All flygning utom synhåll för operatören kräver tillstånd från Transportstyrelsen. För att flyga drönare i kommersiella ändamål, forskning, på uppdrag och dyl. krävs alltid tillstånd från Transportstyrelsen, ytterligare tillstånd från Flygtrafikledningen krävs vid flygning i kontrollzon (Transportstyrelsen, 2017). Kontrollzon är det luftrum som t.ex. en flygplats har till sitt förfogande. Sen våren 2015 finns en så kallad drönarkarta på Luftfartsverkets hemsida, på vilken kontrollzonerna finns markerade (Luftfartsverket, 2017).

Tillståndet från Transportstyrelsen anger endast att personen eller organisationen i fråga får lov att flyga med drönare, skyldigheten att följa de lagar och föreskrifter som råder gällande luftfart kvarstår. Exempel på sådan situation är vid flygning i restriktionsområde det vill säga över fångelser eller nationalparker (Transportstyrelsen, 2017). Dessa restriktionsområden finns också markerade på Luftfartsverkets drönarkarta.

Vid fotografering krävs tillstånd från Länsstyrelsen om platsen som ska fotograferas eller filmas är ett skyddsobjekt. Utförs filmning eller fotografering av myndighet eller åt myndighets vägnar krävs tillstånd om kameran ska riktas mot plats där allmänheten kan befinna sig. Ansökan görs då skriftligen till det län det huvudsakligen berör. För privatpersoner som fotograferar/filmar människor eller känsliga uppgifter som kan leda vidare till en bestämd person, så gäller det att förhålla sig till personuppgiftslagen (Datainspektionen, 2017).

Ytterligare godkännande från Lantmäteriet kan behöva införskaffas. Detta om flygfoto ska publiceras eller spridas, vilket kräver spridningstillstånd (Lantmäteriet, 2017)

Vädet har betydelse för hur resultatet av en fotografering med drönare blir. Styrkan på vindar inverkar då den försvårar för arbetet med att hålla drönaren stilla eller i en rak kurs om vindarna är starka.

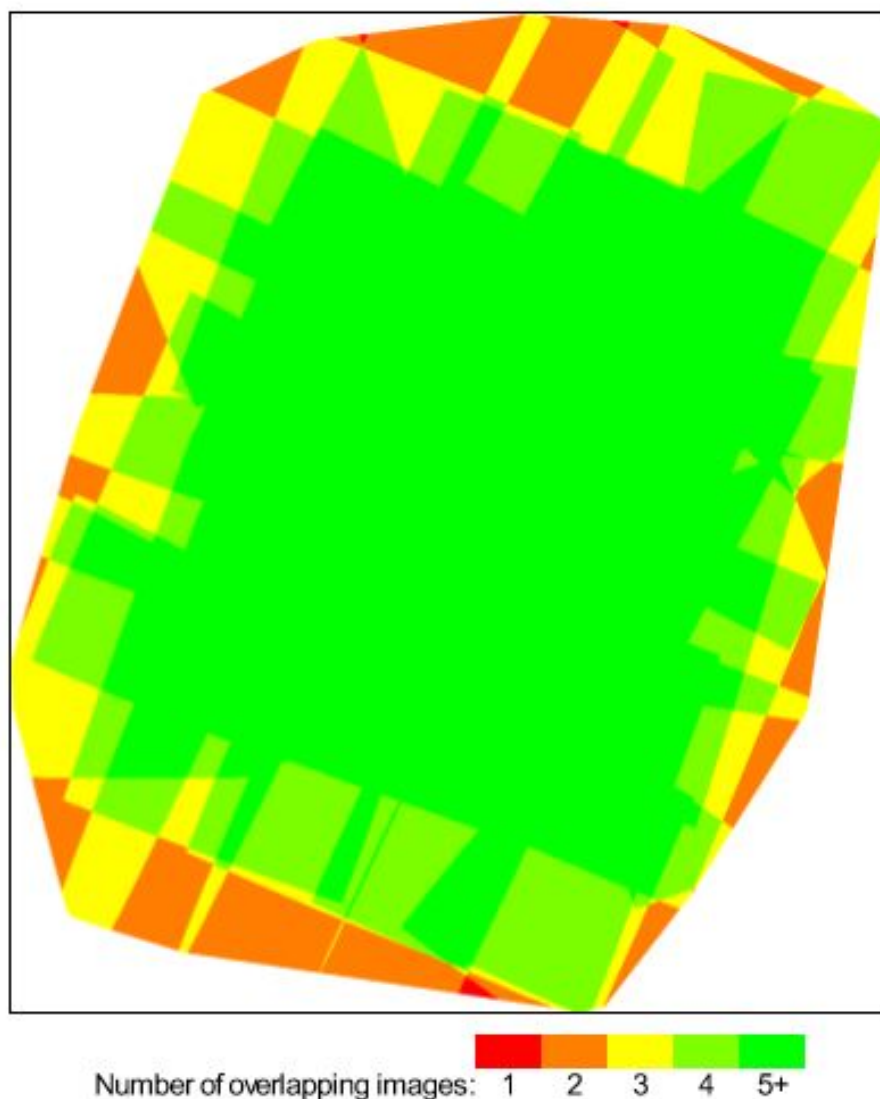
Temperaturen har inte någon större betydelse för själva bilderna men låga temperaturer kan dock reducera drönarens flygtid då batteritiden försämras.

Det finns program som möjliggör autostyrning av drönaren. Sådana program kan styra allt som rör manövrering och flygning av drönare, som till exempel landning och hastighetskontroll.

Flygning och fotografering med drönare

Tidigare nämndes att flygningen och fotograferingen sker efter referenspunkter. Positionsbestämning gällande var fotot är taget, är en nödvändighet om ortofotomosaik ska vara möjlig (Precisionsskolan, u.å.). Ortofotomosaik innebär att bilderna som tagits under flygningen har satts samman till en bild samt blivit geometriskt justerad. Detta för att inte höjdskillnader ska skapa förvrängningar i bilden (Rydberg et al., 2007).

Bilderna måste även tas med ett överlapp (se figur 1) på minst 60 procent. Den algoritm som används av mjukvaran för att sätta samman ortofotomosaiken kräver ett sådant överlapp för att detta ska ske framgångsrikt (Precisionsskolan, u.å.).



Figur 1. Exempel på bildöverlapp. På bilden är denna studies bildöverlapp (Langvad, 2016).

Ett stort överlapp ger även ett stort antal bilder. Ju större antal bilder som tagits desto högre krav ställs på den dator som programmet ska arbeta i. En dator med hög minneskapacitet är att rekommendera (theUAVguy, 2014).

Bildteknik

En digitalbild består av många bildpunkter s.k. pixlar. En pixel kan liknas vid en pusselbit i ett pussel. Varje sådan pusselbit har en färg och när de placeras intill varandra i en bestämd ordning skapas pusslets motiv.

Pixlar anges bland annat för att beskriva en kameras egenskaper, till exempel en 12 megapixelskamera. Antalet pixlar som återfinns i en digitalbild tagen med en 12 megapixelskamera är lika med 12 000 000 pixlar. En sådan bild har 4000 pixlar horisontellt och 3000 vertikalt, om bilden har en rektangulär form (Rouse, 2015).

Våglängdsområdet som en människa kan se s.k. synligt ljus ligger mellan cirka 390–770 nm, men det varierar från person till person.

För analyser av exempelvis jordart eller proteinhalt i spannmål används ibland nära infrarött ljus (NIR). NIR är ett delområde inom våglängdsområdet infrarött. Nära-infrarödstrålning har ett våglängdsspänn på 780–2500 nm (Wetterlind et.al, 2008).

Färgsystem

Olika färgsystem används beroende på om arbetet med kulörer sker i samband med reflekterande ytor eller avgivandet av ljus.

RGB

RGB är förkortning för Röd, Grön, Blå och är ett additivt kulörsystem. RGB-kulörsystemet används endast när det rör sig om avgivande av ljus, till exempel bildskärmar. Det är RGB som det mänskliga ögat uppfattar.

De tre grundkulörerna i varierande kombination med varandra ger andra kulörer. Vid kombinerandet av dessa tre grundkulörer för att bilda en annan kulör beskrivs mättnaden för vardera grundkulören. Mättnaden (koncentrationen) anges i skalan 0–255, där 0 innebär avsaknad av ljus och 255 är maximerad mättnad. Dessa tre värden mellan 0–255 för grundkulörerna skapar en kulörkoordinat (Stockholms Universitet, 2012).

CMYK

CMYK är förkortning för Cyan, Magenta, Yellow och black/Key Color och är ett subtraktivt kulörsystem. CMYK-färgsystemet används därför endast när det rör sig om ytor som reflekterar ljus.

När en yta träffas av vitt ljus reflekteras vissa kulörer och andra absorberas, vilka beror på ytans färg. Om till exempel ytan som ljuset träffar har färgen cyan (blågrön), då kommer det röda ljuset absorberas medan det blå och gröna ljuset reflekteras. Ytan, på grund av det avgivande ljusets kulör kommer därför att ses som cyan.

Denna absorbering av kulörer är vad som syftas på i subtraktiva färgsystem. Färgkoordinatsystemet för CMYK anges i procent (0–100) per inblandning av de fyra grundkulörerna (Stockholms Universitet, 2012).

HSV/HSB

HSV/HSB är förkortning för Hue (kulör), Saturation (mättnad), Value/Brightness (ljusintensitet). Den svenska benämningen är NMI. Detta subtraktiva färgsystem används vanligen i dataprogram som hanterar blandning av kulörer, till exempel Photoshop.

Färgkoordinat i HSB beskrivs kulör som grad (0–360) i HSB-färghjulet, mättnad anges i skala 0–100 procent likaså ljusintensiteten. Dessa tre värden kombinerade resulterar i en koordinat i HSB-färghjulet (Adobe, u.å.).

Kamerateknik

Beroende på vilken typ av kamera som används fångas olika typer av information om det reflekterade ljuset. Det kan vara våglängder som människan inte kan se med blotta ögat. Det våglängdsområde som kallas synligt ljus kallas så eftersom det är dessa våglängder som människan kan se.

Människan ser kulör genom den information som stavarna och tapparna i ögat skickar via synnerverna till syncentrum. Stavarna läser av ljusstyrka och är därför mycket användbara när ljusförhållandena är svaga. Tapparna läser av kulör men det ställer krav på ljusförhållandena, då svagt ljus ger svagt färgseende. Det finns tre typer av tappar, de som absorberar rött ljus, de som absorberar grönt ljus och de som absorberar blått ljus. Ljuset har ingen kulör förrän informationen från tappar och stavar nått hjärnan.

Färgsystemet RGB är därför som tidigare nämnt, uppbyggt efter vad det mänskliga ögat uppfattar.

RGB-kamera

En kamera som tar bilder baserat på färgsystemet RGB, ett exempel på en sådan är digitalkameran (Ohlsson et.al, 2017).

Multispektralkamera

En kamera som tar bilder inom flera spektrala band, det vill säga våglängdsområden. Ett våglängdsområde kan beskrivas som färgen på strålningen. Ett exempel på band är infrarött (IR) vars våglängdsområde (spann på våglängder) befinner sig mellan längderna 720nm till 1000µm (Broberg, 2009). Informationen från fotograferingen görs om till så kallade falska färger. Detta eftersom det mänskliga ögat inte kan se vissa av de våglängder som kameran registrerar.

Vegetationsindex

Vegetationsindex är index som beskriver biomassans vegetationsegenskaper genom avläsning av vissa spektrala band via fototeknik. Exempel på egenskaper som kan beskrivas är biomassans täthet och hälsa. Reflektionen av olika spektrala band från biomassan beror till stor del på förekommandet av fotosyntes.

Delar av solljusets energi absorberas av fotosyntetiserande växters dominerande och viktigaste pigment klorofyll. Pigmentet klorofyll absorberar våglängderna för rött och blått men inte grönt ljus. Eftersom klorofyllet reflekterar våglängderna för grönt ljus uppfattar vi människor

dess växter som gröna. Klorofyllet finns i kloroplasterna vilket är en av växtcellens organeller. Den ljusenergi som absorberas av klorofyllet blir tillsammans med vatten och koldioxid en del i den kemiska energi som bildas genom växtens fotosyntes. Om förhållandena i kloroplasten inte är sådana att ljusenergin kan bevaras genom omvandling till adenosintrifosfat (ATP) avges den absorberade ljusenergin (Fogelfors, 2015). Denna frigörelse av tidigare absorberad ljusenergi kallas fluorescens. Våglängderna för det röda ljuset som då avges är ca 600-750 nm och för det blå ljuset ca 400-500 nm.

Vilka vegetationsindex som kan beräknas beror på typen av kamera som användes vid fotograferingen. Sker fotograferingen med en nära infrarött och rött våglängdsband kan till exempel indexet Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) beräknas, vilket beskriver hur biomassan varierar. De vanliga fullfärgs (RGB)-kamerorna tar till exempel bilder som indexen Excess green Index (ExG) och Green index kan utläsas från. Vilka fungerar som alternativ till NDVI, då liknade fluktuationer i grödan går att utläsa (Precisionsskolan, u.å.). ExG beskriver ”grönheten” för biomassan (Yang et.al, 2015). Därför har den använts i ett flertal tidigare studier, där marktäckning, grödans täthet eller ogräsförekomst har kunnat avläsas genom ExG.

Nedan följer vidare förklaring av de index som nämns mest i detta arbete.

Excess Green index (ExG)

Vegetationsindex som beskriver biomassans grönhet (Yang et.al, 2015).

I detta index används informationen gällande våglängderna inom det synliga ljusspektrumet d.v.s. RGB. Beroende på klorofyllhalten i växten vilket tidigare nämndes i texten absorberas rött och blått medan grönt reflekteras i olika utsträckning. En högre klorofyllhalt ger en ökad ”grönhet” eftersom mängden grönt som reflekteras ökar. En bevuxen yta får även en ökad ”grönhet” om mängden klorofyllproducerande biomassa är stor.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Detta index gör det möjligt att avgöra densiteten av grönmassa på till exempel en markyta.

Mängden av våglängderna synligt samt nära infrarött ljus mäts huruvida det reflekteras eller absorberas av grönmassan. Klorofyllet i växterna absorberar synligt ljus medan växtcellerna reflekterar nära-infrarött i stor utsträckning. En stor mängd klorofyll ger en hög ”grönhet” (NASA, u.å.).

Bladyteindex (LAI)

LAI (Leaf area index) eller True leaf area index (TLAI) anger hälften av den totala bladytan per enhet markyta. Detta är nu den vanligaste definitionen, då definitionen i likhet med metoden för LAI har förändrats genom åren. Det finns flera metoder för att räkna ut LAI. Till exempel den manuella, där information om bladyta mäts manuellt i den gällande biomassan. Det är en tidskrävande metod, då många mätvärden krävs för att få tillförlitliga resultat. På senare år har LAI börjat beräknas genom kamerateknik för att minska tidsåtgången, bland annat genom instrument så som bladytemätare eller grödtäckningsanalysator. De läser av ljuset som reflekteras från

biomassan och markytan, detta i kombination med korrektion från ytterligare variabler ger ett LAI-värde (Zheng & Moskal, 2009).

Tidigare studier

Tillämpningen av drönare inom lantbruk är fortfarande i inledande fas. Ett antal studier har dock gjorts inom ämnet. Institutet för jordbruks- och miljöteknik genomförde 2007 en studie där fotografering med RGB-kamera och skapandet av ortofotomosaiker utfördes. Syftet med studien var att undersöka insamlad fältdata samt data från fotograferingen, inom de tre, i försöket valda tillämpningarna. Dessa tre tillämpningar var undersökandet av kväveinnehåll i vete, proteinhaltsinnehåll i malkorn samt ogräsförekomst.

Då en endast en kamera med RGB användes kunde inte proteinhaltsinnehållet för malkornet utläsas. Slutsats drogs kring att en kamera med nära infrarött-(NIR) teknik hade behövts.

I fallet av insamling av data gällande ogräsförekomsten och kväveinnehållet i vetet fick studien dock positivare resultat. Typen av teknik som användes i studien framhålls som ett potentiellt ekonomiskt och tidseffektivt hjälpmedel i framtidens precisionsjordbruk (Rydberg et al., 2007).

I en omfattande studie från 2016 undersöktes hur UAV kunde användas i förädlingsodling. Det var ett flertal olika avläsningar i fält som undersöktes i studien. Till exempel undersöktes höjdmätning i majs och durra, yttäckning och bladyta i höstvetete och ogräsgradering i durra.

Höjdmätning i majs och durra undersöktes på grund av ett tidigare funnet samband mellan skörd och planthöjd. Det tidigare funna sambandet rörde majs odlad i torkbenägna områden i Texas, därför ville man undersöka om höjd gick att avläsa med hjälp av UAV. Ett liknade samband mellan skörd och planthöjd hade även upptäckts i durra vilket därför också undersöktes.

Det har tidigare studerats huruvida höjdmätning med UAV är möjligt. Den slutsats som drogs i det fallet var att höjdmätning med UAV var problematiskt på grund av ”spetsigheten” i grödans blad. Trots det undersöktes detta på nytt i denna studie.

Försöket med majs bestod av 1065 (två parade rader) samt 180 (fem rads) parceller. Till alla parcellerna med majs användes en digitalkamera med högupplösning. Från dessa bilder skapades en digital ytmodell (DSM, Digital surface model) vilket uppskattat värde av planthöjd utlästes från. Manuell mätning av planthöjden i fält utfördes även. Det var mellan dessa två avläsningsmetoder som samband undersöktes, värdet för planthöjd från den digitala ytmodellen jämfördes med värdet för höjd mätt i fält.

Anpassningen var sammantaget dålig. I försöket med fem rader blev anpassningen något högre än för försöket med 2 parade rader. Troligen på grund av att parcellstorleken var större. Det fanns ett antal orsaker som kan förklara den låga anpassningen, till exempel var det en stor skillnad i tid mellan avläsningarna, den manuella mätningen utfördes tre veckor innan avläsningen med UAV. Majsen hade vid den senare avläsningen torkat ner betydande mycket. Kameran som användes hade för låg upplösning för att kunna läsa av blomställningen i toppen av plantan. Parcellgränserna ritades

manuellt in i fotomosaiken, vilket talar för att noggrannheten kunde varit högre.

I försöket med durra användes istället en multispektralkamera och försöket innehöll 40 parceller. Anpassningen var högre ($R^2 = 0.55$; $p < 0,0001$) än för majsen. Den multispektralkamera som användes låg på gränsen för de tekniska egenskaper som krävs för att avläsa höjd. En kamera med högre upplösning och bildhastighet hade potentiellt gett bättre resultat.

I båda fallen majs och durra påpekas i studien att det är svårt att få en rätt manuell mätning i fält på grund av grödornas höga höjd och diffusa toppar. Överlapp som bilderna togs med var på vissa områden otillräckligt och fotomosaiken fick därför dålig kvalitet.

I samma studie (Shi et.al, 2016) jämfördes NDVI (Normalized difference vegetation index) med insamlade fältdata för yttäckning och LAI. Utgångsdata för yttäckning i procent estimerades fram från digitalkamerabilder tagna uppifrån parcellen. Index för LAI mättes genom en grödtäckningsanalysator. Reflektansen från bar jord samt reflektansen från grödan inkluderades båda vid skapandet av regressionsmodellerna.

Det fanns en mycket stark statistisk korrelation när jämförelse gjordes mellan NDVI och de två andra fysiska värdena. I jämförelsen mellan NDVI och LAI blev resultatet $R^2=0,95$, mellan NDVI och procent yttäckning blev $R^2=0,93$. Slutsatsen drogs att detta tyder på att dessa graderingar går att utföra och att resultaten är säkra nog för användning i förädlingsarbetet. (Shi et.al, 2016)

I ytterligare en publikation avhandlas vikten av att kunna övervaka grödan. Enligt författarna är idag de vanligaste tillvägagångssätten för sådan avläsning index, vilka är baserade på synligt spektralljus. De tar upp problematiken med att använda dessa index då ingen hänsyn tas till väderförhållanden, markens yta eller grödans tillväxt och hälsa.

En jämförelse i frågan om grönhetsavläsning gjordes även mellan metoden HSV decision tree, index baserade på synligt spektralt ljus och Otsu-metoden. Otsu-metoden är en klusterbaserad trösklingsmetod med hjälp av denna kan en bild segmenteras och skapa binära bilder (Otsu, 1979). Metoden med HSV decision tree gav tillförlitliga resultat vid avläsning av grönhet i majs. Vid användningen av index gav ExG goda resultat förutom när avläsningen skedde i höstvetehalm. Otsu-metoden gav inga korrekta resultat vilket författarna förmodade berodde på att metoden inte klarar av varierande bakgrunder och icke styrda ljusförhållanden, så kallade dåliga ljusförhållanden. Dåliga ljusförhållanden definierades som förhållanden med svagt eller starkt ljus (Yang et.al, 2015).

I en artikel baserat på index från synligt ljus (Torres-Sánchez, 2014) undersöktes bland annat huruvida sex valda index kunde kartlägga vegetationstäthet tidigt under växtsäsongen. Ett av de index som testades var ExG-index och grödan var vete. Bildmaterialet till grund för indexen togs med en UAV som flögs på två olika höjder (30 och 60 m) för att undersöka om resultaten skulle variera beroende på flyghöjd. ExG-index var ett av de index som gav högst precision. Resultaten blev sämre vid den högre flyghöjden än vid den lägre. En av slutsatserna som författarna drog var att index baserade på synligt ljus kunde användas till att särskilja vegetation.

Vilket till exempel skulle kunna användas till att avgöra hur ogrästrycket varierar över ett fält (Torres-Sánchez, 2014).

I en studie publicerad 2017 undersöktes samband mellan skördenivån för vete med vegetationsindex. Ortofotomosaiken georefererades så att en stegvis regressionsanalys mellan nio skördenivåprover och fem vegetationsindex kunde utföras. Resultatet visade på att det fanns ett samband mellan skördenivån och fyra av de i studien använda vegetationsindexen. ExG var ett av de index vilken det fanns samband mellan skördenivån och vegetationsindexet.

Dessutom upptäcktes att de två sista ortofotomosaikerna, vilka togs två veckor innan skörd, kunde användas för att upptäcka liggsäd. Det skulle i sin tur kunna användas till att skapa kartor vilka guidar föraren eller styr tröskan vid skörd, så att körhastigheten anpassas till mängden liggsäd (Du & Noguchi, 2017).

MATERIAL OCH METOD

Försöksupplägg

Fotografering med drönare jämfördes med manuell fältbedömning i avseendet samband mellan graderingsresultat. Genom att ställa dessa parametrars data mot varandra var förhoppningen att avvikelser eller liknelser ska upptäckas och kvantifieras.

Det var i samråd med min bitr. handledare Langvad¹ på Lantmännen som idén, storleken och utförandet av studien utformades. Antalet led och parceller (försöksrutor) är tillräckligt många för att få ett säkert resultat, samt lagom i storlek för att arbetet med försöket ska hinnas med under tiden för ett kandidatexamensarbete.

Växtmaterialet som ingått i försöket är delar av det förädlingsmaterial av höstvetete som Lantmännen har i Svalöv (se figur 2).

Försöket är ett blockförsök med 6 block. Blocken bestod av 25 led. Leden bestod av 25 olika höstvetesorter. Totalt resulterade detta i 150 parceller (se figur 2). Parcellerna hade en yta på 2x10 meter vardera.



Figur 2. Foto taget ovanifrån försöksytan (Ringström 2015).

¹Karl-Johan Langvad Kornförädlare Lantmännen Lantbruk, Svalöv 2015.

Gradering och analys

Manuell gradering

Den manuella graderingen utfördes av mig vid båda graderingstillfällena. Det första tillfället var den 9 december 2015 i BBCH ca 12–14 i höstvetet. Det andra tillfället 1 april 2016, BBCH samma som på hösten. Graderingen av planttäthet på hösten gör det möjligt att skilja utvintrade plantor från ej uppkomna plantor.

Varje parcell granskades okulärt och graderingen för varje parcell antecknades ner på papper. Graderingsskalan gick mellan 0–100 procent uppkomna eller levande plantor i parcellen. Tillvägagångssättet är efter standardmetod för gradering av planttäthet efter Försökshandbokens riktlinjer (FältForsk, 2012), vilken tidigare förklarades i arbetet (se sid. 6).

Fotograferingen

Fotograferingen skedde med hjälp av drönare som flögs över försöket. Fotograferingen utfördes av en anställd på Lantmännen Lantbruks stråsädsenhet i Svalöv. Denne innehar flygvana gällande drönare och samt innehar de tillstånd och licenser som krävs. Operatören av drönaren var den samma vid båda fotograferingstillfällena.



Figur 3. Foto på drönaren *Dji Phantom III pro* (El Hamoul 2015).

Drönaren som användes i försöket var en *Dji Phantom III pro* (se figur 3). Denna drönare var av typen multikopter närmare bestämt en quadkopter. Quadkopter innebär att den har fyra rotoror.

Drönaren *Dji Phantom III pro* kan flygas i temperaturspannet 0–40 grader Celsius (Dji u.å. a).

Bilderna togs med en RGB-filmkamera med videoupplösning 4K, vilken tog 30 bilder per sekund och gav 12 megapixel sensorupplösning på bilderna. Linsen hade en bländaröppning av typen $f/2.8$, objektivet hade ett 94° synfält. Kameran var monterad på en treaxlad gimbal (balansring), vilken gjorde att kameran hölls stilla och en fast kameravinkel erhöles under flygningen (Dji, u.å.).

Ljusförhållandet vid fotograferingarna var vid alla tillfällena förhållandevis soliga. Det möjliggjorde att vitbalansinställningen i kameran var den samma vid alla fotograferingarna. Vitbalansinställningen stod på det förinställda läget för soliga förhållanden ”sunny”. Detta innebär att alla bilderna är tagna med samma färgfilter/färgskala.

Vindhastigheten varierade endast lite mellan fotograferingstillfällena. Drönaren *Dji Phantom III pro* klarar att flyga stabilt vid vindhastighet upp till 10 meter per sekund. Den uppskattade medelvindhastigheten vid fotograferingarna är 5 meter per sekund.

Alla bilderna som togs med drönaren är tagna från 20 meters höjd. Bilderna är tagna med gott överlapp för att möjliggöra att dessa ska kunna sys samman till en ortofotomosaik.

Under fotograferingen flögs drönaren i en hastighet av 2 meter per sekund. Kameran tar en bild var femte sekund, en flyghastighet på 2 meter per sekund möjliggör att ett tillfredställande antal bilder hann tas.

Drönaren flögs enligt samma rutt vid båda flygningarna. Flygrutten ställdes in manuellt genom utsättandet av referenspunkter som sedan sparades och återanvändes vid alla flygningarna.

De datum som fotografering skedde var hösten 2015 den 9:e december (se figur 4) samt våren 2016 11:e april och utfördes av Ringström².



Figur 4. Foto taget på försöket vid första graderingstillfället (El Hamoul, 2015).

²Rasmus Ringström Teamledare Stråsådsavdelningen Lantmännen Lantbruk, Svalöv 2016.

Sammanställning av data

Det dataprogram som användes för sammanfogandet av bilderna till ortofotomosaik samt genererade indexvärdena var Pix4Dmapper Pro version 2,0,104 vilket utfördes av min bitr. handledare Langvad³. I detta program beräknades Excess green Index, vilket var det värde uthämtat från fotograferingen av grödan som jämfördes med det manuella graderingsvärdet.

Valet av indexet ExG grundade sig på att detta index används i tidigare studier inom området bildanalys i växande gröda. ExG har använts till olika typer av mål med bildanalys i gröda och ett ytterligare var därför intressant att undersöka. Detta index var också intressant eftersom det går att jämföra med NDVI, vilket också har använts i ett antal bildanalysstudier.

Statistik

Jämförelserna gjordes med hjälp av kalkylbladsprogrammet Excel. Det vill säga att både diagrammen gjordes och resultaten kalkylerades i detta program. R^2 -värde (se nedan) och medelvärde är de värden som slutsatser drogs från i denna studie. Värdena för R^2 generades vid användandet av funktionen regressionsanalys i Excel. Fullständig basdata finns i bilaga 1-3.

Determinationskoefficienten (R^2) även kallad förklaringsgraden beskriver hur mycket av variansen i variabeln y som beror på variabeln x, om sambandet är linjärt. T.ex. R^2 0,54 betyder att variation i y till 54 % styrs av ändring av x. Den beskriver med andra ord hur rätt eller fel gissningen om existerandet av ett linjärt samband var. Ett stort R^2 tyder också på att korrelationskoefficienten (r) är hög.

Korrelationskoefficienten beskriver hur starkt eller svagt det linjära sambandet är mellan de bestämda variablerna (x och y).

Korrelationskoefficienten (r) ger R^2 då $r^2 = R^2$.

I jämförelserna mellan ExG och manuell gradering var ExG alltid variabeln y, och variabeln x alltid den manuella graderingen.

$ExG = k * \text{man. grad} + m$ enligt den räta linjens ekvation.

Den räta linjens ekvation beskrivs som $y = kx + m$.

där

k = lutningen/riktningskoefficient

m = konstanten, vid vilket y-värde linjen skär y-axeln

x = variabel

y = variabel

Gemensamt för alla resultat som presenteras i detta arbete är att de ursprungliga leden 2, 3, 5, 12, 15, är borttagna. Dessa är omdöpta till led 21, 22, 23, 24, 25 och kan hittas i bilaga 3 och 4. De borttagna leden togs bort på grund av att de hade minst ett avvikande värde inom ledet för den manuella graderingen. Med avvikande menas ett värde för manuell gradering som var lägre än 80 % i planttäthet.

³Karl-Johan Langvad Kornförädlare Lantmännen Lantbruk, Svalöv 2016.

Jämförelser av data gjordes för frågeställningarna:

- a) *Är det skillnad i ExG-medelvärde mellan vår och höst?*

Den typ av värde som jämfördes var medelvärde.

- b) *Är det skillnad i ExG-medelvärde mellan led? Är det en liknande skillnad mellan leden för både vår och höst?*

Den typ av värde som jämfördes var medelvärde.

- c) *Hur ser anpassningen ut parcellvis mellan ExG och manuell gradering? Är det skillnad mellan höst och vår?*

Den typ av värde som jämfördes var R^2

- d) *Hur ser anpassningen ut ledvis för höst och vår?*

Den typ av värde som jämfördes var R^2 .

- e) *Är det skillnad i medelvärdet för R^2 mellan höst och vår?*

Den typ av värde som jämfördes var medelvärde.

RESULTAT

a) Är det skillnad i ExG-medelvärde mellan vår och höst?

Medelvärdet för ExG mellan avläsningstidpunkterna skilde sig åt. Höstens avläsning hade ett högre medelvärde för ExG än avläsningen på våren. För hösten var medelvärdet för ExG 25,3 och för vårens var medelvärdet 21,3.

b) Är det skillnad i ExG-medelvärde mellan led? Är det en liknande skillnad mellan leden för både vår och höst?

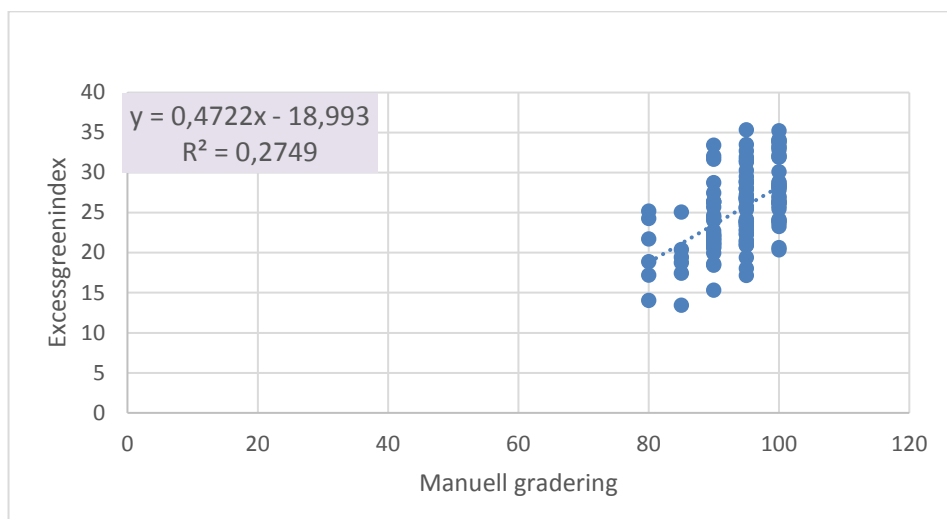
Det fanns en skillnad mellan leden avseendet ExG-värde. Det vill säga leden skiljde sig från varandra genom att några generellt hade ett högre ExG och andra lägre.

Dock var detta inget som var konstant mellan avläsningstillfällena. Värdena vid respektive avläsning var samlade inom leden men mellan avläsningstillfällena behöll leden inte sin plats gentemot de resterande leden. Placeringen av led betedde sig slumpvis i jämförelsen mellan ExG- medelvärdena för höst och vår. Dock var det ledvisa medelvärdet för nästan alla led högre på hösten än på våren. Detta gällde alla led förutom led 4, som istället uppnådde ett högre ledvis medelvärde på våren.

c) Hur ser anpassningen ut parcellvis mellan ExG och manuellgradering? Är det skillnad mellan höst och vår?

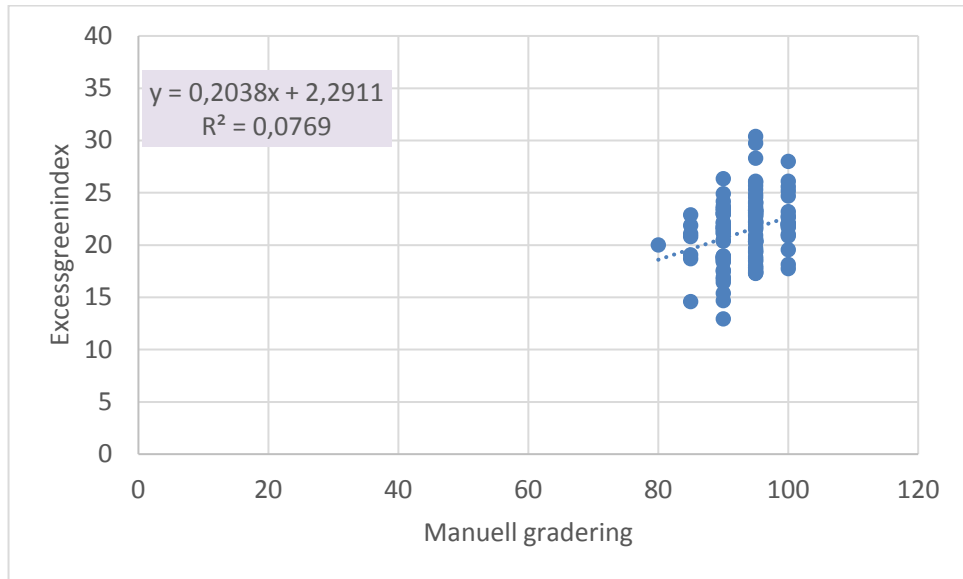
Denna frågeställning är den som var denna studies initiala avgränsade önskan att få ett svar på.

Resultatet från höstavläsningen parcellvis gällande den manuella graderingen jämfört med ExG gav ett R^2 -värde på 0,27 (se figur 5) vilket innebär mycket svag anpassning.



Figur 5. Korrelation höstgradering och excessgreenindex. ExG jämfört med manuell gradering för höstavläsningen (El Hamoul, 2017).

Värdena från vårgraderingen parcellvis gällande den manuella graderingen jämfört med ExG resulterade i ett R^2 -värde på 0,07 (se figur 6). Vilket innebar att anpassningen blev lägre jämfört med data insamlad på hösten.



Figur 6. Korrelation vårgradering och excessgreenindex. ExG jämfört med manuell gradering för våravläsningen (El Hamoul, 2017).

d) Hur ser anpassningen ut ledvis för höst och vår?

R^2 -värdena ledvis för höst och vår (se tabell 1) var mycket varierande. De pendlade mellan 0,00 till 0,96. De R^2 -värden som data i denna jämförelse resulterade i, verkar vara helt slumpmässiga. Till exempel led 20, vid höstavläsningen var korrelationen stark, men vid vår avläsningen var den obefintlig.

Tabell 1. R^2 ledvis efter jämförelse mellan manuell gradering och ExG för vår och höst. Samt medelvärde för R^2 för respektive tidpunkt (El Hamoul, 2017).

Led	R^2	
	Höst	Vår
1	0,49	0,25
2	0,40	0,05
3	0,43	0,34
4	0,09	0,01
5	0,46	0,06
6	0,53	0,14
7	0,43	0,00
8	0,55	0,00
9	0,59	0,18
10	0,64	0,05
11	0,93	0,07
12	0,27	0,56
13	0,00	0,12
14	0,26	0,00
15	0,00	0,35
16	0,60	0,14
17	0,77	0,61
18	0,04	0,13
19	0,69	0,68
20	0,96	0,00
Medelvärde	0,457	0,188

e) Är det skillnad i medelvärdet för R^2 mellan höst och vår?

I jämförelsen av medelvärde mellan R^2 höst och vår blev korrelationen fortsatt låg. Medelvärde R^2 (se tabell 1) var för hösten 0,46 och för våren 0,19.

DISKUSSION

En standardiserad metod för gradering av övervintring finns och följs, vilket är mycket värdeskapande. Bedömningarna som görs ger därför resultat som kan jämföras mellan företag och organisationer.

Användningen av bildanalys istället för manuell gradering skulle innebära att en standardiserad metod saknas i början av användandet. Vilket är negativt med tanke på att möjligheten att rättvist kunna jämföra resultat mellan organisationer. Ytterligare en nackdel med fotografering som tillvägagångssätt vid gradering är det ökade behovet av teknik i form av till exempel drönare, kamera och dataprogram. Manuell gradering har också fördelen av att vara mindre väderberoende än fotografering med drönare är. Vid användningen av drönare ökar även kraven på medvetenhet om lagar och licenser som ska följas samt innehavas.

Manuell gradering

Vid manuella graderingar av växtmaterial finns standardiserade tillvägagångssätt att följa (Försökshandboken, 2012). Den tolkning som vidare görs av den standardiserade metoden kan ge upphov till ytterligare en variation av graderingen av växtmaterialet. Hur hårt eller konsekvent som graderingen görs i ett försök beror också på vem det är som graderar. Med hårt menas den individuella uppfattningen av hur en viss procent av t.ex. planttäthet ser ut i verkligheten. Ett byte av graderare i en påbörjad gradering av ett försök är därför olämpligt (Försökshandboken, 2012). Detta gäller främst när det handlar om graderingar utifrån visuella intryck. Det skiftande resultatet beror främst på bedömarens erfarenhet av den gradering som utförts.

Planttäthet

I det här försöket var det planttäthetsgradering som var i fokus, men dessvärre var skillnaden mellan parceller och led obetydlig. Detta kan ha bidragit till grumliga resultat då skillnaderna i insamlade data var väldigt små. Större skillnader i planttäthet mellan parceller eller led, hade kanske i detta försök lett till ett tydligare resultat. Det skulle i studien ha kunnat tillgodoses genom att underlagsmaterialet (grödan) styrts mot en önskad spridning. På så sätt hade underlagsmaterialet fungerat som en tydligt känd kalibreringsfaktor.

Fotografering av växtmaterialet

Drönaren i sig är inte ett komplicerat verktyg. Omständigheterna därikring är däremot något som begränsar användandet vid gradering i fält. För det första har kameran stor betydelse för upplösning och kameratekniken måste anpassas till den gradering som ska göras.

Problemet kanske inte är kameran, drönares kapacitet eller kvaliteten på bilderna utan istället tekniken som används i nästkommande steg. Bilderna ska överföras och läggas samman till en ortofotomosaik av ett dataprogram. Processen är i nuläget ganska tidskrävande om en dator med normal prestanda används. Steget efter, när ortofotomosaiken är klar, kräver ytterligare datahantering för att kvantifiera data. Det kan även vara problematiskt att det krävs speciella program för att tillhandahålla resultat. Den kanske största nackdelen med fotografering vid gradering skulle kunna vara det höga beroendet av fungerande teknik. Processen blir vid

involvering av drönare beroende av fungerande teknik, om tillförlitliga resultat och tidseffektivitet ska erhållas.

Förhållanden för bildtagning

En lägre flyghöjd ger högre skärpa, men detta kräver ett ökat antal överflygningar. Bilderna måste tas med god överlappning av varandra för att det ska vara möjligt att skapa en ortofotomosaik, det vill säga en helhetsbild (Shi et.al, 2016). Ett säkrare och tydligare resultat kunde eventuellt ha erhållits i försöket om flygningen hade skett på en lägre höjd. Dock skedde flygningen i detta försök relativt lågt, därför borde inte något större mervärde finnas i att flyga ännu lägre.

Tidpunkt för bildtagning

Vid avläsningen på hösten gjordes fotograferingen och graderingen samma dag. Vilket är att föredra eftersom grödans egenskaper kan ha ändrats om en längre tid förflyter. Vid vårens avläsning skiljde det 10 dagar mellan gradering och fotografering. Detta kan ha påverkat resultatet för våren. Eventuellt skulle ett större samband kunnat erhållas om gradering och fotografering utförts samma dag (Shi et.al, 2016).

Dataprogram och index

Pix4D var det dataprogram som hanterade bildanalysen i denna studie och Excess green Index var det index som valdes att jämföra den manuella graderingen med. Pix4D var det dataprogram som fanns tillhanda och var därför inget medvetet val. ExG var däremot ett val som baserades på dess användning i tidigare studier i bildanalyssammanhang.

Huruvida det var rätt eller fel att använda sig av ExG i jämförelse mot manuell planttäthetsgradering kan diskuteras. Ett mer naturligt val hade kanske detta index varit om det istället skulle jämförts med manuell täckningsgradering. Detta på grund av att ExG beskriver en ytas grönhet, desto högre ExG-värde (grönhet) desto högre skulle rimligen täckningsgraden varit. Då detta redan testats och konfirmerats, gjorde att ytterligare undersökning kändes mindre intressant (Torres-Sánchez, 2014); Yang et.al, 2015). Varpå den i denna studie jämförs med planttäthetsgradering istället.

ExG-värde per parcell var det som användes i studien. Det är möjligt att ExG angivet per pixel hade varit intressantare undersöka. Detta genom att summera andel pixlar per parcell i vilka ExG överskrider en given nivå. Värdet från denna summering skulle då istället jämförts med den manuella graderingen.

Borttagna led

De led som togs bort hade avvikelser i form av låg planttäthet i minst ett av blocken. De togs bort på grund av att de ansågs ha avvikelse som skulle vara missgynnade i jämförelserna. En ökad spridning i planttäthet hade varit önskvärt men den skulle då varit någorlunda homogen inom ledet. Då detta inte var fallet togs de led med avvikande värden bort för att inte störa resultaten, vilket gjordes i samråd med Englund⁴. Dock skulle t.ex. resultatet för R^2 i den parcellvisa jämförelsen ändras förhållandevis lite om de skulle varit inkluderade.

⁴Jan-Erik Englund Universitetslektor vid Institutionen för biosystem och teknologi, SLU, Alnarp 2017.

Resultat

Det resultat som erhöles för den ursprungliga frågeställningen för detta arbete indikerade att det inte fanns någon korrelation mellan de jämförda värdena. Därmed kan frågeställningen för denna studie besvaras. Det vill säga, *"Är det är möjligt att gradera planttäthet i höstvet genom användandet av ett vegetationsindex härrörande från fotografering?"*. Svaret är utifrån denna studies tillvägagångssätt, nej, det är inte möjligt.

Värdena för R^2 är generellt sett låga i de olika jämförelser av data som gjorts. De svajande värdena beror till stor del på liten spridning i data från den manuella graderingen.

De R^2 -värden som kan ses i tabell 1 pendlar mellan hög anpassning och ingen alls. Den slumpmässiga anpassningen är inte heller något som följer leden mellan avläsningarna.

Genom att titta på medelvärdet för R^2 för höst -och våravläsningen gavs ett mer överskådligt resultat. Det blev tydligare med medelvärde för R^2 att nivån för anpassning överlag var låg. R^2 vittnade inte om någon betydande anpassning för varken hösten (R^2 0,46) eller våren (R^2 0,19).

ExG har som tidigare nämnts i detta arbete använts i andra studier (Yang et.al, 2015; Torres-Sánchez, 2014; Du & Noguchi, 2017) inom bildanalys. Främst har ExG då använts för avläsning av till exempel mängd biomassa, då mer biomassa ger ökad grönhets. Denna koppling kunde även ses i denna studie.

ExG- värdena ledvis visade på att skillnad i grönhets mellan led gick att avläsa. Denna skillnad beror antagligen på skillnad i vetesorternas karaktär då det inte fanns skillnad mellan dem i den manuella graderingen. Några exempel på sådana karaktärsdrag skulle kunna vara snabb eller långsam tillväxt och på så vis gett mer eller mindre biomassa. Det kan också bero på ett mer upprätt växtsätt gentemot ett mer slokande växtsätt. Vetesortens livskraftighet och förmåga att producera klorofyll är en annan förklaring. Eventuellt varierar vetesorternas ytskikt i tjocklek och genom det avgav mer eller mindre grönt ljus.

Ytterligare en intressant aspekt var att grönhets var överlag lägre på våren än på hösten. Varför så är fallet kan bero på att vetet efter vintern hade en viss gulfärgning. Orsaken till det, kunde bland annat varit att grödan var nedsatt efter vintern, hade kvävebrist, var vattensjuk eller att dessa potentiella orsaker verkande i kombination med varandra.

Vårens ExG-värden var inte enbart lägre utan rörde sig också inom ett snävare spann än för höstens ExG-värden. Denna skillnad kan bland annat berott på att de vetesorter som på hösten var mer utvecklade och livskraftiga, hade tappat sitt försprång längre in på vetes levnadsår. Det skulle också kunnat bero på att så snart efter avslutad vinter hade inte de snabbare utvecklade vetesorterna kommit igång. Därför var det ännu liten skillnad mellan vetesorterna.

Användningen av fototeknik i nuläget

Lantmännen i Svalövs användning av kamerateknik har förändrats parallellt med detta examensarbete. När idén till detta arbete formades var användningen av kamerateknik i försöksodlingarna i ett tidigt skede. Då

användes foton tagna av fält och odlingar endast för att se större skillnader samt för att ge en överblick. Skillnader vilka är väl detekterbara ovanifrån är till exempel liggsäd, torkskador och viltskador. Djupare analys av informationen från bilderna var svårt då det var oklart hur informationen skulle utläsas och sedan hur informationen kunde användas. Kunskapen kring krav på kameratekniken och typ av drönare för ändamålen var också inte heller fastlagda.

Lantmännens användning av kamerateknik har dock sedan dess varit i ständig utveckling. En uppstrukturerad av fotograferingarna gjordes och många lärdomar gjordes till följd av detta. Några av dessa lärdomar var att regelbundna fotograferingar av stora ytor var svårt då väderförhållandena varierade och tiden inte fanns.

I ett försök med höstvetete var utgångstanken att fotografera försöket en gång per vecka för att följa utvecklingen under hela säsongen och i förlängningen kunna korrelera bilddata med utförda manuella graderingar.

Väderförhållandena gjorde det svårt då kravet var sol utan moln vid varje fotografering. Korrelation gjordes bland annat mot parametrarna beståndshöjd och täthet/biomassa. Resultaten var ej tydliga men visade tendens till möjlig avläsning. Programmet som användes var Pix4D. En 3D-modellering genomfördes också av data från fotograferingarna. I fallet av detta sätt att bearbeta data var beståndshöjd något som gick att avläsa med goda resultat. Möjligheten till att använda denna metod kan därför komma att vara aktuell vid framtida bestandsgraderingar.

Enligt Ringström⁵ fortgår arbetet och förhoppningen är att öka antalet användningsområden.

Slutsatser

Användningen av ExG som planttäthetsgradering är inte möjligt. Det är ett alltför detaljrikt verktyg för att använda vid planttäthetsgradering. Det är mer lämpat för täckningsgradering av biomassa.

⁵Rasmus Ringström Teamledare Stråsädsavdelningen Lantmännen Lantbruk, Svalöv 2017.

REFERENSER

- Adobe. (u. å.). *The HSB/HLS Color Model*. Tillgänglig:
http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/hsb.html [2017-09-03]
- Asplund, T-E. (2016). Drönare. *Bondeföretagaren*. Utgåva 1/2016, s 12.
- Broberg, P. (2009). *Kalibrering och modellering av multispektrala IR-kameror*. Luleå tekniska universitet. Institutionen för Tillämpad fysik, maskin -och maskinteknik. Civilingenjörsprogrammet Rymdteknik (examensarbete 2009:023).
- Datainspektionen. (2017). *Kameraövervakning*. Tillgänglig:
<http://www.datainspektionen.se/fragor-och-svar/kameraovervakning/kravs-det-tillstand-fran-lansstyrelsen-for-att-fa-filma-med-en-dronare/> [2017-08-20]
- Dji. (u.å.). *Phantom 3 professional*. Tillgänglig:
<http://www.dji.com/product/phantom-3-pro> [2016-03-22]
- Dji. (u.å.) a. *Phantom 3 professional specs*. Tillgänglig:
<http://www.dji.com/product/phantom-3-pro/info#specs> [2016-03-31]
- Du, M. & Noguchi, N. (2017). Monitoring of Wheat Growth Status and Mapping of Wheat Yield's within-Field Spatial Variations Using Color Images Acquired from UAV-camera System. *Remote Sensing*. vol. 9 (3).
- Fogelfors, H. (2015). *Vår mat - Odling av åker och trädgårdsgrödor*. Lund: Studentlitteratur AB
- FältForsk. (2012). *Försökshandboken*. Tillgänglig:
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/faltforsk/utbildning-och-teknik/forsokshandboken/forsokshandbok_del-1-planering-och-genomforande.pdf
[2017-09-17]
- Lantbruk och Skogsland. (2013-10-19). *Drönaren - bondens spanare i fält*. Tillgänglig: <http://www.lantbruk.com/lantbruk/dronaren-bondens-spanare-i-falt> [2016-05-12]
- Lantmannen. (2015). *Karlzén ser grödan från ovan*. Tillgänglig:
<http://lantmannen.nu/2015/01/23/karlzen-ser-grodan-fran-ovan/> [2016-05-12]
- Lantmäteriet. 2017. *Tillstånd krävs fortfarande för att sprida drönarbilder*. Tillgänglig:
http://www.lantmateriet.se/sv/Pressrum/Pressmeddelande/tillstand-kravs-fortfarande-for-att-sprida-dronarbilder/?_t_id=1B2M2Y8AsgTpgAmY7PhCfg%3d%3d&_t_q=dr%c3%b6nare&_t_tags=language%3asv%2csiteid%3a1292803d-1ca5-4868-94c0-8fa376e6f130%2candquerymatch&_t_ip=194.47.50.80&_t_hit.id=LMSE_DataAbstraction_PageTypes_ArticlePageType/_7cddf976-bf4a-48a7-9b7a-f61472bbdf29_sv&_t_hit.pos=1 [2017-08-20]

- Luftfartsverket. (2017). *LFV:s drönarkarta*. Tillgänglig: <http://www.lfv.se/tjanster/informationstjanster/lfvs-dronarkarta> [2017-08-20]
- Mölne, V. (2015). Explosionsartad försäljning av drönare. *Dagens Industri*, 23 februari.
- NASA. (u.å.). *Measuring Vegetation (NDVI & EVI)*. Tillgänglig: https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php [2017-04-24]
- NC Consulting. (u.å.). *Drönare för lantbruk*. Tillgänglig: (<http://www.ncconsulting.se/dronare-for-lantbruk>) [2016-05-12]
- Ohlsson, S., Gölin, E-T., Kinnås, B., Berggren, J. (2017). *Felboken*, kap. Det ska finnas en färgprofil, sid 6.
- Otsu, N. 1979. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, vol. 9 (1), ss 62-65.
- Pitchup. (u.å.). *Drönare för skog & lantbruk*. Tillgänglig: <http://www.pitchup.se/dronare-for-skog-lantbruk> [2016-05-12]
- Precisionsskolan. (u.å.). *UAV*. SLU, Institutionen för mark och miljö. Skara. Tillgänglig: <http://precisionsskolan.se/?p=30438&m=3715#.V0fpnZGLTIV> [2016-05-27]
- Rouse, M. (2015). pixel. Tillgänglig: <http://whatis.techtarget.com/definition/pixel> [2017-09-17]
- Rydberg, A., Hagner, O., Söderström, M., Börjesson, T. (2007). *Obemannad flygfarkost (UAV) överblickar grödorna*. Uppsala. JTI-rapport, Lantbruk & Industri, nr. 358.
- Shi, Y, Thomasson J. A., Murray, S. C., Pugh N. A., Rooney, W. L., Shafian, S., Rajan, N., Rouze G., Morgan, C. L. S., Neely, H. L., Rana, A., Bagavathiannan, M. V., Henrickson, J., Bowden, E., Valasek, J., Olsenholler, J., Bishop, M. P., Sheridan, R., Putman, E. B., Popescu, S., Burks, T., Cope, D., Ibrahim, A., McCutchen, B. F., Baltensperger, D. D., Avant Jr. R.V., Vidrine, M., Yang, C. (2016-07-29). *Unmanned Aerial Vehicles for High-Throughput Phenotyping and Agronomic Research*. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0159781> [2017-02-18]
- Skogsforum. (2015). *Drönare (UAV, Multikopter) – Ramar och modeller och typer*. Tillgänglig: <http://skogsforum.se/viewtopic.php?t=23375> [2016-03-22]
- Stockholms universitet. (2012). *Färgsystem*. Tillgänglig: <http://www.su.se/medarbetare/visuellidentitet/identitetselement/f%C3%A4rgpalett/f%C3%A4rgsystem-1.38569> [2017-09-03]

theUAVguy. (2014-09-26). *Drones above the Vineyards*. Tillgänglig:
<https://theuavguy.wordpress.com/2014/09/26/drones-above-the-vineyards/> [2016-05-27]

Torres-Sánchez. J., Peña. J. M., de Castro. A. I., López-Granados. F. (2014). Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 103, april, ss 104–113.

Transportstyrelsen. (2017). *Drönare*. Tillgänglig:
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Luftfartyg-och-luftvardighet/Obemannade-luftfartyg-UAS/> [2017-04-02]

Yang. W., Wang. S., Zhao. X., Zhang. J., Feng. J. (2015). Greenness identification based on HSV decision tree. *Information Processing in Agriculture*, Vol. 2 (3–4), okt - dec, ss 149–160.

Wetterlind. J., Stenberg. B., Söderström. M. (2008-04-01). The use of near infrared (NIR) spectroscopy to improve soil mapping at the farm scale, *Precision Agriculture*, vol. 9 (1–2), ss 57–69.

Zheng. G. & Moskal. L. M. (2009). Retrieving Leaf Area Index (LAI) Using Remote Sensing: Theories, Methods and Sensors. *Sensors*, vol. 9 (4), ss 2719–274. DOI:10.3390/s90402719.

Bilaga 1

Basdata för höstavläsningen

Blocknr.	Parcellnr.	Lednr.	Manuell gradering	Excess green Index
1	11	1	95	25,71975251
2	31	1	95	25,65424641
3	66	1	100	31,95751996
4	100	1	95	21,52776228
5	111	1	90	28,76713564
6	126	1	85	17,4600094
1	5	2	95	20,92772556
2	44	2	90	21,58141447
3	55	2	100	27,05737023
4	99	2	95	27,23338294
5	118	2	95	23,43530544
6	140	2	95	22,36359649
1	7	3	90	20,74995301
2	26	3	95	19,43050239
3	73	3	100	33,83961846
4	84	3	90	25,71737041
5	108	3	95	26,75610269
6	132	3	95	30,28466479
1	24	4	85	13,47042607
2	30	4	85	18,77031998
3	62	4	100	23,94988077
4	89	4	95	20,96394469
5	107	4	85	25,08050746
6	150	4	95	17,16439536
1	10	5	100	23,73591792
2	40	5	90	21,24503589
3	69	5	90	24,44561058
4	83	5	95	23,73732019
5	125	5	90	21,85285895
6	134	5	100	26,83649749
1	18	6	80	18,88237782
2	47	6	95	26,734061
3	67	6	100	30,13284716
4	78	6	80	25,20614769
5	113	6	95	31,5780273
6	141	6	90	21,04472118
1	13	7	95	22,28880013
2	50	7	90	21,63811304
3	65	7	80	17,19787045
4	93	7	100	20,65814112
5	115	7	95	25,66684704
6	130	7	95	23,97136591
1	4	8	100	26,4241698
2	34	8	80	21,7364384

3	64	8	95	24,22823314
4	85	8	95	23,83641803
5	112	8	100	25,85613576
6	138	8	95	28,03795426
1	6	9	90	15,32352757
2	38	9	85	20,41125897
3	56	9	100	32,89158163
4	91	9	90	26,35131448
5	123	9	100	28,12056578
6	149	9	100	28,40682957
1	19	10	80	14,06008772
2	35	10	100	26,29829545
3	60	10	90	26,38268079
4	98	10	100	26,32480779
5	102	10	100	23,3054804
6	139	10	90	22,71574248
1	8	11	90	24,66176378
2	36	11	95	29,52494019
3	53	11	100	33,27295918
4	86	11	100	33,17144097
5	109	11	95	31,34451659
6	135	11	100	34,04212093
1	1	12	95	18,06889098
2	41	12	90	19,95448565
3	59	12	95	28,94310115
4	81	12	95	26,89046999
5	117	12	95	28,940386
6	143	12	95	27,95645363
1	22	13	90	26,38358396
2	37	13	95	33,52513457
3	63	13	90	27,47058008
4	95	13	100	24,06488715
5	114	13	90	32,09181097
6	136	13	100	31,94965539
1	14	14	95	21,43911341
2	39	14	90	22,21069079
3	57	14	100	26,26064774
4	88	14	95	26,79104663
5	104	14	95	26,96745731
6	133	14	95	22,88619987
1	12	15	90	18,59552005
2	33	15	95	28,71131878
3	61	15	95	26,54338121
4	87	15	100	24,16463604
5	105	15	80	24,27898028
6	145	15	100	20,37218045
1	2	16	95	35,37658208
2	49	16	90	18,46495215
3	72	16	100	32,21740517

4	79	16	100	33,88704427
5	120	16	95	28,00604257
6	144	16	95	23,92839912
1	17	17	95	23,91213972
2	48	17	100	28,82999402
3	68	17	90	21,12276786
4	96	17	90	20,6109251
5	119	17	95	22,77695106
6	147	17	95	21,19122807
1	21	18	95	23,36364348
2	32	18	90	33,46130383
3	52	18	90	31,68952418
4	80	18	95	31,94624256
5	124	18	100	35,26070226
6	137	18	100	25,48375627
1	16	19	90	22,34782268
2	29	19	95	32,72235347
3	74	19	90	24,0681982
4	90	19	100	34,11072359
5	121	19	100	28,70914502
6	142	19	90	22,05823935
1	9	20	95	25,42929198
2	42	20	100	27,84540969
3	51	20	85	19,45226542
4	97	20	100	28,41886781
5	110	20	100	28,24335618
6	128	20	95	23,71223371

Bilaga 2

Basdata för våravläsningen

Blocknr.	Parcellnr.	Lednr.	Manuell gradering	Excess green Index
1	11	1	95	21,96717
2	31	1	95	19,48581
3	66	1	95	22,16699
4	100	1	90	21,48592
5	111	1	95	23,438
6	126	1	90	18,40713
1	5	2	95	18,45427
2	44	2	90	23,2509
3	55	2	100	21,94819
4	99	2	90	24,91979
5	118	2	95	20,33505
6	140	2	90	18,63112
1	7	3	95	20,3708
2	26	3	90	21,4997
3	73	3	100	25,59958
4	84	3	90	23,01186
5	108	3	95	23,28961
6	132	3	95	23,15132
1	24	4	90	21,71122
2	30	4	90	12,93455
3	62	4	95	20,38518
4	89	4	90	17,60772
5	107	4	90	20,50135
6	150	4	95	17,27967
1	10	5	95	20,28752
2	40	5	85	20,80623
3	69	5	90	18,93251
4	83	5	95	18,06538
5	125	5	95	20,92994
6	134	5	100	22,00304
1	18	6	90	24,19286
2	47	6	95	25,32225
3	67	6	100	25,19801
4	78	6	90	26,35098
5	113	6	95	26,10685
6	141	6	90	21,17643
1	13	7	95	18,54733
2	50	7	95	22,83544
3	65	7	85	19,07355
4	93	7	95	17,59359
5	115	7	95	18,73497
6	130	7	95	18,88552
1	4	8	100	21,0269

2	34	8	80	20,00667
3	64	8	95	19,36772
4	85	8	90	18,81231
5	112	8	100	18,14614
6	138	8	95	20,49577
1	6	9	90	16,44408
2	38	9	85	21,88508
3	56	9	100	22,64062
4	91	9	90	21,75603
5	123	9	100	23,2123
6	149	9	100	21,68907
1	19	10	90	18,79629
2	35	10	95	19,30602
3	60	10	90	18,78382
4	98	10	100	17,75859
5	102	10	95	19,71318
6	139	10	90	15,38631
1	8	11	90	21,15845
2	36	11	95	22,18597
3	53	11	95	24,59582
4	86	11	100	24,70857
5	109	11	95	26,01185
6	135	11	100	21,82605
1	1	12	90	22,09537
2	41	12	90	18,9623
3	59	12	95	23,04362
4	81	12	95	22,90143
5	117	12	95	22,2086
6	143	12	95	24,04331
1	22	13	90	23,02412
2	37	13	95	23,67775
3	63	13	90	20,38216
4	95	13	90	17,46683
5	114	13	90	18,48191
6	136	13	100	20,87374
1	14	14	85	18,6973
2	39	14	85	21,09711
3	57	14	100	19,55584
4	88	14	90	21,74599
5	104	14	95	24,16006
6	133	14	95	17,35138
1	12	15	90	16,91385
2	33	15	95	23,31008
3	61	15	100	22,06328
4	87	15	95	17,46737
5	105	15	95	21,52466
6	145	15	95	17,87382
1	2	16	95	30,39336
2	49	16	90	23,71104

3	72	16	95	24,84156
4	79	16	95	29,74907
5	120	16	95	25,68433
6	144	16	95	22,71411
1	17	17	95	21,77315
2	48	17	95	23,35958
3	68	17	85	14,60538
4	96	17	90	16,75369
5	119	17	95	17,35182
6	147	17	90	14,68513
1	21	18	95	22,30876
2	32	18	90	22,95315
3	52	18	95	21,63328
4	80	18	90	22,20175
5	124	18	95	23,07022
6	137	18	95	17,82649
1	16	19	90	23,44254
2	29	19	100	28,02088
3	74	19	90	23,55008
4	90	19	95	28,31484
5	121	19	100	26,11312
6	142	19	85	22,9071
1	9	20	100	22,77684
2	42	20	95	24,02361
3	51	20	95	20,31274
4	97	20	100	22,07343
5	110	20	95	23,30438
6	128	20	95	20,59715

Bilaga 3

Borttagna led: Höst

Led 2, 3, 5, 12, 15, omdöpta till 21, 22, 23, 24, 25.

Blocknr.	Parcellnr.	Lednr.	Manuell gradering	Excess green Index
1	15	21	95	23,32457707
2	28	21	65	18,74077452
3	70	21	90	19,05043811
4	82	21	100	26,07133557
5	116	21	80	19,89655483
6	148	21	95	18,57534461
1	3	22	90	16,77089599
2	45	22	75	14,603125
3	54	22	80	15,54162045
4	94	22	100	26,59627666
5	106	22	95	17,97315416
6	146	22	95	17,079151
1	25	23	90	17,54747807
2	27	23	70	23,17848385
3	75	23	95	26,76325421
4	77	23	100	32,3593905
5	122	23	95	25,22951239
6	131	23	90	23,53135965
1	20	24	50	13,76917017
2	46	24	95	19,50879187
3	71	24	95	22,45466393
4	92	24	100	25,781219
5	103	24	100	24,03013769
6	127	24	95	23,8341792
1	23	25	95	19,38109336
2	43	25	65	20,5996262
3	58	25	90	27,56812888
4	76	25	90	17,42525422
5	101	25	90	16,73630652
6	129	25	95	28,82617481

Bilaga 4

Borttagna led: Vår

Led 2, 3, 5, 12, 15, omdöpta till 21, 22, 23, 24, 25.

Block	Parcellnr.	Lednr.	Manuell gradering	Excess green Index
1	15	21	90	23,0874101
2	28	21	75	16,90545818
3	70	21	90	15,63741881
4	82	21	100	19,19782719
5	116	21	85	15,46866214
6	148	21	90	19,20630745
1	3	22	90	13,46992001
2	45	22	70	16,92364778
3	54	22	90	13,65453773
4	94	22	100	16,34296439
5	106	22	100	11,97106168
6	146	22	95	12,66092639
1	25	23	95	22,79913961
2	27	23	80	17,49102845
3	75	23	95	21,60055849
4	77	23	95	23,22151439
5	122	23	95	21,09443856
6	131	23	90	18,10869535
1	20	24	50	20,05588564
2	46	24	90	18,98641618
3	71	24	95	17,61691252
4	92	24	95	17,57106846
5	103	24	100	18,57829561
6	127	24	95	17,75196252
1	23	25	95	23,73427438
2	43	25	80	19,65770593
3	58	25	90	18,68746434
4	76	25	90	18,30022057
5	101	25	90	18,4754227
6	129	25	100	23,14308221

Bilaga 5

Indexekvationer

$$\mathbf{ExG} = 2g-r-b = \frac{2G-R-B}{R+G+B}$$

$$g = \frac{\text{där } G}{R + G + B}$$

$$r = \frac{R}{R + G + B}$$

$$b = \frac{B}{R + G + B}$$

Värdena för R, G och B är heltal mellan 0–255. (Yang et.al, 2015).

$$\mathbf{NDVI} = \frac{x-y}{x+y}$$

där

x = Nära-infrarött

y = Synligt ljus